

Titre Court : Data Center Immergé

Titre Long : Data Center de l'UTC immergé dans le canal de l'Oise

Ce document est disponible sous licence CC-BY-SA

Auteurs : Anouk Thomas / Boris Le Foll / Sacha Kuzniak / Paul Clément / Félix Hermouet

Contexte :

Le Canal Seine-Nord Europe est un Canal à grand gabarit qui reliera Compiègne dans l'Oise à Aubencheul-au-Bac dans le Nord, d'ici 2030. Maillon central de la liaison fluviale Seine-Escaut, il traversera les Hauts-de-France et permettra aux péniches à grand gabarit de circuler efficacement entre la France, la Belgique et les Pays-Bas. Un canal existe déjà et permet la circulation de bateaux de commerce d'envergure limitée. Le nouveau canal sera une version agrandie du précédent.

Mesurant 107 kilomètres de long et de 54 mètres de large, il représente un investissement de plus de 5 milliards d'euros financé par l'Union européenne, la France et les Collectivités territoriales qui pilotent la Société du Canal Seine-Nord Europe (SCSNE).

L'idée du projet est d'imaginer les actions qui auraient pu être mis en place utilisant une partie du financement du projet Canal Seine-Nord Europe pour servir des actions Low-Tech en lien avec le canal.

Idéation :

Nous avons donc formulé la questions suivante : Quelles alternatives low-tech pourraient être réalisées avec le canal de l'Oise ?

Au vu des solutions étudiées, le projet s'est axé sur une utilisation naturelle de refroidissement d'équipements informatiques et de réduction carbone de consommation énergétique. L'idée est alors de refroidir le data center de l'UTC par immersion dans l'Oise dans une optique d'économie énergétique et carbone.

Maquettage :

La genèse prend place dans la salle serveur de l'UTC où la décision est prise d'immerger le data center dans l'Oise. Pour rappel, cela répond à deux exigences, se servir de la température du canal et du courant pour refroidir naturellement le data center et se servir uniquement de l'énergie hydraulique pour l'alimenter.

L'UTC fait appel à une société que nous appelons la société X. Celle-ci missionnée sur la mise en place des serveurs de l'UTC dans la cuve hermétique vient récupérer les baies de serveurs de l'UTC à l'aide d'un camion pour les transporter jusqu'à son entrepôt situé à quelques kilomètres de là.

Depuis son entrepôt la société X ouvre la cuve en déboulonnant la partie avant de celle-ci. Elle sort les rails coulissant de celle-ci et y place les racks de serveurs. Elle rentre les rails avec les racks dessus et referme la cuve en reboulonnant la partie avant. Grâce à son système de pompage, elle retire l'oxygène de la cuve et y place de l'azote qui possède une meilleure conductivité thermique. Une fois cette étape terminée, elle replace la cuve sur son camion de transport à l'aide d'un bras articulé et l'amène sur les bords de l'Oise à l'emplacement précis où la cuve doit être descendu dans l'eau.

La société X se charge de la mise sous tension de la cuve en tirant les câbles terrestre et sous-marins (une installation électrique avec les câbles était préalablement déjà installée au bord de l'Oise) et en les branchant à l'endroit prévu à cette effet. Ils vérifient ensuite le bon fonctionnement du système électrique et des serveurs avant la suite de l'installation.

Avant la descente dans l'Oise, des tests approfondis sont effectués pour s'assurer du bon fonctionnement de chaque composant. Les serveurs sont allumés, les systèmes de refroidissement de secours vérifiés, et l'étanchéité confirmée. Avec la cuve prête et les serveurs en marche, l'équipe de plongeurs, assistée par des dispositifs de levage, abaisse délicatement l'ensemble dans l'Oise, suivant les protocoles établis lors de la préparation.

Des plongeurs experts équipés d'engins de levage abaissent doucement la cuve dans les eaux de l'Oise. Des systèmes de communication sous-marins sont utilisés pour garantir un positionnement précis sur le fond de la rivière. Une fois la mise en place terminée, il n'y aura pas d'interventions humaines, sauf problème majeur, avant 5 ans, date de la prochaine maintenance.

Etape de maintenance des serveurs :

Les serveurs ne subissent pas de coupure lors d'une panne grâce à la présence d'onduleurs, qui prennent le relai.

Pour la maintenance, on procède donc à la remontée de la cuve, on déboulonne et on demande à un technicien de procéder à la maintenance. Il va tirer les serveurs montées sur les rails et effectuer sa maintenance, les serveurs seront donc surélevées pour faciliter la maintenance et les protéger.

Fonction :

Le système permet à l'UTC de refroidir ses Datacenters de manière naturelle en réduisant sa consommation électrique et carbone pour arriver à une neutralité carbone.

Les cuves permettent la conduction thermique entre les milieux extérieurs et intérieurs sans altérer le data center.

Valeurs :

Convivialité --> Autonomie

Soutenabilité --> Ressources naturelles, pas de consommation excessive

Responsabilité --> Liberté d'autosuffisance

Leviers :

Alerter --> Fermeture du système classique de data center

Optimisation --> Optimisation énergétique, optimisation de place, optimisation financière

Tensions :

Croissance --> Augmentation du nombre de data center immergé à terme

Consumérisme --> Augmentation de la consommation de données possiblement induite par la facilitation de l'entretien des serveurs

Évaluation :

Nous allons maintenant procéder à une étape d'autoévaluation de notre projet. L'intérêt de cette étape est de réaliser une autocritique pour identifier les possibles problèmes et interrogations.

Outil : Faux ACV

1. Data Center immergé :

Les chiffres exacts peuvent varier en fonction de plusieurs facteurs réels. Cependant, nous pouvons procéder avec des valeurs typiques pour effectuer une comparaison initiale entre le data center dans la cuve et un data center en locaux.

1) Extraction des matériaux (500 km maximum) :

- Nous considérons une émission moyenne de 0,2 kg de CO2 par kilomètre par tonne de matériau transporté. Pour une cuve de 5,9549 m³ en acier, cela donnerait environ 45 tonnes. Ainsi, le transport sur 500 km générerait environ 9 tonnes de CO2.

2) Installation initiale :

- L'installation initiale d'un data center nécessitera également de l'énergie et des ressources. Nous considérons une émission moyenne de 2 tonnes de CO2 par tonne d'équipement installé. Si nous supposons que l'équipement du data center pèse 10 tonnes, cela donnerait environ 20 tonnes de CO2.

3) Fabrication (Moulage) :

- L'émission moyenne pour la fabrication de l'acier est d'environ 1,8 tonnes de CO2 par tonne d'acier produite. Si la cuve utilise 45 tonnes d'acier, cela donnerait environ 81 tonnes de CO2.

4) Transport des matériaux (500 km maximum en camion) :

- L'estimation des émissions de CO2 pour le transport des matériaux sur 500 km en camion pourrait être d'environ 0,2 kg de CO2 par kilomètre par tonne de matériau transporté. Sur 45 tonnes, cela donnerait environ 9 tonnes de CO2.

5) Utilisation (25 ans avec maintenance tous les 5 ans) :

- Si l'énergie est fournie par des hélices hydroliques et que le data center consomme 240 kWh, nous considérons cette énergie comme étant à faibles émissions de carbone.

- En supposant une émission nulle ou très faible (0,01 kg de CO₂ par kWh, par exemple) pour l'énergie hydrolienne (maintenance, alimentation transformateur, etc), cela donnerait une estimation très basse des émissions de CO₂ pour la phase d'utilisation soit 21 tonnes par an de CO₂.

6) Maintenance (tous les 5 ans) :

- L'impact environnemental de la maintenance dépendra des activités spécifiques. On pourrait estimer cette valeur en fonction du remplacement de composants, de l'énergie utilisée pour la maintenance. En moyenne sauf défaut majeur cela donnerait en moyenne 30 tonnes de CO₂ par maintenance (camion avec grue pour soulever la cuve + transport vers site spécifique pour effectuer les traitements nécessaires).

7) Fin de Vie (recyclage du matériau brut) :

- Le recyclage de l'acier pourrait générer des émissions d'environ 0,5 tonnes de CO₂ par tonne d'acier recyclée soit 10 tonnes de CO₂.

8) Total : 146 tonnes de CO₂

En considérant une émission très faible ou nulle pour la phase d'utilisation avec l'énergie hydrolienne, le total estimé des émissions de CO₂ sur la durée de vie du projet serait largement réduit, principalement constitué des émissions associées à l'extraction des matériaux, à la fabrication, à l'installation, à la maintenance, et à la fin de vie.

Cela souligne l'importance de la source d'énergie utilisée dans le calcul de l'empreinte carbone globale d'un projet. Les énergies renouvelables, comme l'hydroélectricité, peuvent considérablement réduire l'impact environnemental.

2. Data Center dans locaux :

1) Consommation d'énergie : toujours 240 kWh pour l'ensemble du data center.

2) Refroidissement (ventilation, climatisation) : supposons une consommation d'énergie supplémentaire pour le refroidissement du data center, par exemple, 20% de la consommation totale, soit 48 kWh.

3) Utilisation :

- Consommation totale pour le data center : $240 \text{ kWh} * 24 \text{ heures} * 365 \text{ jours} * 25 \text{ ans} = 2\,088 \text{ MWh}$.

- En supposant une émission moyenne de 0,5 kg de CO₂ par kWh, cela donnerait environ 1 044 tonnes de CO₂.

- Refroidissement : $48 \text{ kWh} * 24 \text{ heures} * 365 \text{ jours} * 25 \text{ ans} = 417 \text{ MWh}$, soit 208 tonnes de CO₂.

4) Fin de Vie (recyclage du matériau brut): 10 tonnes de CO₂ (hypothétique)

5) Total : 1252 tonnes de CO₂ annuel

Conclusion : ratio de 8.5 à la première année la production de CO₂ associé au data center --> 8.5 fois plus faible avec la cuve immergée

Faisabilité-coût-performance:

1) Conception

1 an de recherche (d'après Microsoft), 10 ingénieurs payés 3500 euros par mois = 420 000 euros

2) Production

Matériau : Inox

On considère uniquement le coût du matériau :

Calcul matériau pour la cuve:

- Dimensions: 10m de long pour 3m de diamètre externe, 2,9m de diamètre interne, (tube creux de 10cm d'épaisseur), ne pas oublier les deux extrémités du cylindre

$$(\pi * 1,5^2 - \pi * 1,45^2) * 9,8 + \pi * 1,5^2 * 0,1 * 2 = 5,95m^3$$

Si on utilise de l'inox (densité 7 500kg/m³) alors 44662kg d'inox, sachant que l'inox est vendu à 1€ le kg, donc le coût total serait de 45 000€ environ

Acier: 2 tonnes de CO2 par tonne d'acier produite

Chrome : 5 tonnes de CO2 par tonne produite

Nickel : 11 tonnes par tonne

D'où pour l'inox environ 2,36 tonnes de CO2 émises par tonne produite d'inox.

Ainsi, 45*2,36= 106 tonnes de CO2

3) Installation

- Mise en place des serveurs dans la cuve, branchement de cables, vérification de l'étanchéité (tout ça est fait pas des techniciens qu'il faut payer)
- Désinstallation lors de la fin de vie

4) Transport

- Transport des matériaux sur le site de production
- Transport de la cuve du site de production jusqu'à l'Oise
- Transport des serveurs jusqu'à l'Oise
- Transport de la cuve jusqu'au lieu de recyclage en fin de vie

On pose une limite de déplacement à 500km.

Calcul émissions de CO2 transport :

Pour un véhicule de type « ensemble routier (tracteur+ semi-remorque) de 44 tonnes de PTRAs » qui roule au carburant type « DIESEL », son indice de base carbone donné par l'ADEME est de 0.0711 kgCO2e/t.km.

C'est-à-dire 0.0711 kg de CO2 émis pour 1 tonne et pour 1 km.

Dans notre cas : 0,0711*45*500= 1600kg de CO2

5) Utilisation

Performance : Autonome car utilise l'énergie hydraulique :

Le Datacenter de 855 serveurs de Microsoft consomme 240 kWh. Consommation du Datacenter de l'UTC ?

Profondeur de l'Oise ?

Oise : T° varie entre 4 et 19°C au cours de l'année

T° des équipements doit être entre 18 et 27°C

Maintenance tous les 5 ans sur la structure = cout du technicien (500 euros) + coût du déplacement de la cuve hors de l'eau par grue

Durée de vie estimée = 25 ans, donc 5 maintenances

6) Fin de vie

Recyclage des composants internes et de l'enveloppe externe --> réutilisation des matériaux pour d'autres utilisations low-tech.

Outil : Effets rebonds

Un autre outil communément utilisé pour l'évaluation est la recherche d'effets rebonds. L'effet rebond, également appelé le « paradoxe de Jevons », est un phénomène observé lorsque l'utilisation d'une technologie plus efficace énergétiquement, ne conduit pas aux économies énergétiques attendues, et aboutissent parfois même à des surconsommations, à cause d'une adaptation des comportements. On distingue deux types d'effet rebond. L'effet rebond direct consiste à utiliser davantage un équipement, sous prétexte qu'il consomme moins d'énergie qu'avant, ou entrainer une pollution ailleurs. L'effet rebond indirect consiste à financer une activité polluante avec les économies réalisées grâce à un équipement moins coûteux en énergie.

Dans notre cas, nous avons identifié les effets rebond directs suivants :

- Premièrement, nous pouvons penser que la cuve utilisée pour stocker le Datacenter polluera l'eau du canal, ce qui sera nocif pour la faune et la flore environnante, mais également pour l'utilisation humaine de l'eau du canal. Une solution serait de réaliser une étude poussée sur des matériaux qui n'auraient pas d'effet négatif sur l'environnement.
- Ensuite, La forme de la cuve dans l'eau risque de perturber la biodiversité dans l'Oise : cependant, d'après Microsoft qui a déjà réalisé ce genre d'expérience, la faune et la flore se sont très bien adaptées à la présence des serveurs
- Enfin, le trafic fluvial pourrait être perturbé, ce qui conduirait à changer le transport sur l'Oise. Au lieu d'utiliser le bateau pour les transports, on utilisera des voitures et camions, ce qui créera des perturbations du trafic routier, et donc plus de pollution de l'air. La solution serait d'étudier précisément la géométrie du canal et de placer la cuve de manière à minimiser ces effets. Aussi, il serait utile de limiter le nombre de serveurs admissibles dans l'Oise.

Les effets rebond indirects que nous avons identifié sont les suivants :

- Tout d'abord, les économies réalisées par l'UTC pour refroidir les serveurs permettront à l'UTC d'investir cet argent ailleurs, potentiellement dans une activité polluante.

- Et deuxièmement, on peut penser que les économies réalisées par l'UTC vont influencer d'autres entreprises à prendre la même mesure. Ainsi, le nombre de serveurs dans l'eau va augmenter et générer de la pollution, que ce soit de la pollution visuelle, ou due au relargage de particules de métal issues de la cuve, par exemple. Également, cela pourrait faire monter le niveau de l'eau et l'Oise sera plus sujette à des débordements.

Outil : Les 7 péchés du Greenwashing

Négligence : absence de preuve et imprécision

Certains calculs ont été simplifiés, notamment pour l'ACV, ou pour le calcul du rendement de la turbine.

Certaines approximations ont été faites pour le calcul de la consommation globale du data center. On a également supposé que la maintenance des serveurs ne changeait pas avec notre nouveau fonctionnement.

Autonomie électrique à l'aide de l'hydro électrique

$P \text{ (KW)} = Q \text{ (m}^3\text{)} \times H \text{ (m)} \times 9,81 \times R$ avec Puissance, débit (en moyenne sur l'année 100 m³/s), hauteur (2m), et rendement (90%)

Environ 1 kW pour une turbine de Kaplan (car faible hauteur de chute); il y a 15 baies remplies aux 3/4 soit environ 12 à une consommation de 10 kw; il faut donc environ une centaine de turbines de Kaplan.

Bibliographie :

Société du canal Nord Europe. Site web de l'entreprise. In : www.canal-seine-nord-europe.fr [en ligne]. Date inconnue. Disponible sur : https://www.canal-seine-nord-europe.fr/?doing_wp_cron=1705930309.3352160453796386718750 (consulté le 22 janvier 2024)

SIMON, Capucine. Microsoft teste un datacenter sous-marin rapide à déployer, qui pourrait fournir une connectivité Internet pendant des années. In: news.microsoft.com [en ligne]. 5 juin 2018. Disponible sur : <https://news.microsoft.com/fr-fr/features/microsoft-teste-un-datacenter-sous-marin-rapide-a-deployer-qui-pourrait-fournir-une-connectivite-internet-pendant-des-annees/> (consulté le 24 janvier 2024)

CIRE, Anne-Cécile. Comment connaître les émissions CO2 de mes transports ? In : help.dashdoc.com [en ligne]. Edité cette semaine. Disponible sur : <https://help.dashdoc.com/fr/articles/6138895-comment-connaître-les-émissions-co2-de-mes-transports>(consulté le 24 janvier 2024)

TO, Evelyne et BUEB, Julien. Comment évaluer l'externalité carbone des métaux. In : www.strategie.gouv.fr [en ligne]. Octobre 2020. Disponible sur : <https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-2020-na96-externalite-carbone-metaux-octobre.pdf> (consulté le 24 janvier 2024)

Site de vente de turbine. Micro Turbine Hydro-Électrique À Hélice 220 Volts 1000 Watts Basses Eaux. In : eadouce.com [en ligne] Date inconnue. Disponible sur : https://www.energiesdouce.com/hydro-turbines-ou-turbines-hydroelectriques/91-micro-turbine-hydro-electrique-a-helice-220-volts-1000-watts-basses-eaux-3700908502527.html?search_query=turbine+kaplan&results=2 (consulté le 24 janvier 2024)